Aus den seminaristischen Übungen für pathologische Physiologie an der Universität Berlin.
Leiter: Professor Dr. Adolf Bickel.

Experimentelle Untersuchungen über den Eiweißnährwert verschiedener eiweißhaltiger Nahrungsmittel.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der

Medizinischen Doktorwürde

an der

Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Berlin

vorgelegt von

Max Kasper
aus Wiesau (Kr. Sprottau).

Tag der Promotion: 29. Juni 1935.

Buchdruckerei Thiele, Gütersloh i. Westf.

213

Aus den seminaristischen Übungen für pathologische Physiologie an der Universität Berlin.
Leiter: Professor Dr. Adolf Bickel.

Experimentelle Untersuchungen über den Eiweißnährwert verschiedener eiweißhaltiger Nahrungsmittel.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der

Medizinischen Doktorwürde

an der

Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Berlin

vorgelegt von

Max Kasper
aus Wiesau (Kr. Sprottau).

Tag der Promotion: 29. Juni 1935.

Buchdruckerei Thiele, Gütersloh i. Westf.

Gedruckt mit Genehmigung
der
Medizinischen Fakultät der Universität Berlin.

Referent: Prof. Dr. Bickel.

Korreferent: Prof. Dr. von Bergmann.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Die Bestimmung des Nährwertes einzelner Eiweißkörper ist infolge unzureichender Kenntnis ihrer chemischen Konstitution und der nicht immer eindeutigen Prüfung im biologischen Versuch erschwert und oft nur unvollkommen durchzuführen. In der qualitativen Analyse besitzen wir zwar ein Mittel, eine Klassifikation nach dem Vorhandensein oder Fehlen bestimmter Aminosäuren vorzunehmen, doch bleibt die Brauchbarkeit dieser Methode eingeschränkt, solange deren Ergänzung durch die quantitative Analyse nicht möglich ist. Chemisch wird die Begriffsbestimmung der biologischen Eiweißwertigkeit daher erst dann exakt gegeben werden können, wenn die quantitative Isolierung sämtlicher Aminosäuren sowie die Klarstellung ihrer Bindung im Komplex gelingt. Dieser die Qualität mit bestimmende aber bisher fast unberücksichtigt gebliebene Faktor dürfte ebenfalls von Bedeutung sein, wenn die Resorption der Eiweißkörper nicht nur in der reinen Aminosäure- oder Aminform, sondern auch in z. T. höheren Komplexen erfolgte, worauf neuere Untersuchungen im hiesigen Laboratorium hinzuweisen scheinen.

Nach Abderhalden[1]) werden bei gleichartiger Durchführung der Hydrolyse zwar stets annähernd die gleichen Werte gefunden, aber die Menge der so identifizierten Aminosäuren erreicht noch nicht 100% der zu erwartenden Bausteine. Derartige Untersuchungen werden im übrigen bei gleichzeitigem Vorkommen verschiedener Proteine, wie es beispielsweise bei den in unseren Versuchen verwandten vegetabilischen Eiweißspendern der Erbse, Bohne und Linse der Fall ist, noch wesentlich kompliziert. Soweit von diesen überhaupt chemische Untersuchungsergebnisse vorliegen und für die Beurteilung der biologischen Wertigkeit ihres Eiweißes von Interesse sind, werden sie nachstehend genannt.

Als Globuline wurden in der Erbse und Linse das Legumin und Vicilin und als Albumin das Legumelin nachgewiesen und man darf annehmen, daß es sich bei den Globulinen und dem Albumin der Erbse und Linse um chemisch und biologisch identische Eiweißstoffe handelt. Wechselnd ist nur ihr quantitatives Vorkommen, das zugleich als das die Artspezifität bedingende Moment anzusehen ist.

Da die Reindarstellung der isolierten Eiweißstoffe mit nicht unerheblichen Schwierigkeiten verbunden ist, liegen über das prozentuale Vorkommen auch nur teilweise Ergebnisse vor. Man schätzt den Legumingehalt in der Erbse und Linse auf etwa 50% der ge-

samten Eiweißmenge der Samen, und das Vorkommen des Vicilins wird in der Linse am größten und in der Erbse mit 50% des Legumingehaltes angenommen.

Das Legumelin fanden Osborne und Campbell[2]) in der Erbse mit 2% und in der Linse mit 1,25%.

Die in der weißen Bohne nachgewiesenen Globuline sind das Phaseolin — in den Samen etwa 20% — das Conphaseolin und wahrscheinlich auch das Phaselin, jedoch ist von diesem noch nicht genau bekannt, ob es den Albuminen oder Globulinen zuzurechnen ist.

Die Hydrolyse der isolierten Eiweißkörper ergab folgende Werte:

	Legumin.	Vicilin.	Phaseolin.	Legumelin.
Glycocoll	0,38	0,00	0,55	0,50
Alanin	2,08	0,50	1,80	0,92
Valin	——	0,15	1,04	0,69
Leucin	8,0	9,38	9,65	9,63
Prolin	3,22	4,06	2,77	3,96
Phenylalanin	3,75	3,82	3,25	4,79
Asparaginsäure	5,30	5,30	5,24	4,11
Glutaminsäure	16,97	21,34	14,54	12,96
Serin	0,53	——	0,38	——
Tryosin	1,55	2,38	2,84	1,56
Arginin	11,71	8,91	4,89	5,45
Histidin	1,69	2,17	2,69	2,27
Lysin	4,98	5,40	4,58	3,03
Tryptophan	——	——	——	——
Cystin	——	——	——	——
Ammoniak	2,05	2,03	2,06	1,26

Für Conphaseolin und Phaselin sind Analysenergebnisse nicht veröffentlicht. Auch fehlen quantitative Angaben über den Cystin- und Tryptophangehalt.

Die teilweise also noch unklaren Vorstellungen über den Aminosäurengehalt vegetabilischer und auch animalischer Nahrungsmittel, ferner die verschiedenen und außerordentlich zahlreichen Verbindungsmöglichkeiten der Bausteine im Eiweißmolekül, sowie endlich die variierende Ausnützung im Magen-Darm-Tractus erklären es, daß die in der Literatur als Eiweißminimum und Optimum der Nahrung angegebenen Zahlen noch immer und nicht erheblich differieren.

Hinsichtlich der Ausnützung besteht heute wohl Übereinstimmung, daß Abweichungen bei Zufuhr reiner Eiweißstoffe von gleicher physikalischer Beschaffenheit nicht vorhanden sind, die praktisch irgendwie von Bedeutung wären, und daß andererseits solche bei Verabfolgung verschiedener eiweißhaltiger Nahrungsmittel in Erscheinung treten müssen.

Nach den Schall-Heislerschen Tabellen[3]) bewegt sich die Ausnützung des in verschiedenen Nahrungsmitteln enthaltenen Eiweißes beim Menschen ungefähr zwischen 70% für Pilze und 97% für gekochtes Fleisch. Wenn man den Sekretstickstoff ebenfalls beachtet, was bei den Zahlen dieser Tabellen nicht geschehen ist, stellt sich die Ausnützungsquote bei allen Nahrungsmitteln etwas günstiger.

In letzter Zeit hat Heupke[4]) auf Grund eingehender eigener Untersuchungen wieder darauf hingewiesen, daß der den Sekreten der Verdauungsdrüsen entstammende Kotstickstoff beträchlicher ist, als man vielfach anzunehmen geneigt war. Nach Heupke ist die Menge des Sekretstickstoffes unter anderem auch von der Kotmenge abhängig, denn eine größere Kotmenge enthalte auch eine größere Menge Sekretstickstoff, der bei der Aufstellung von Stickstoffbilanzen entsprechend mitberücksichtigt werden müsse. Besondere Bedeutung kommt dieser Erscheinung bei Ausnützungsversuchen mit pflanzlichen Nahrungsmitteln zu, da diese in der Regel ein größeres Stuhlvolumen liefern. Heupke gelang es so, bei Beachtung der von der Kotmenge abhängigen Kotstickstoffmenge, nachzuweisen, daß die Ausnützung der groben Brote (Vollkornbrote u. dgl.) praktisch ebenso vollständig im Verdauungskanal erfolgt, wie bei den feinen Broten; und für die Stickstoffsubstanz aus den dickwandigen, geschlossenen Zellen der Kleie fand er bei seinen Untersuchungen eine Verdauung von 75%, die durch Magen- und Duodenalsaft innerhalb von 3 Stunden zu erzielen war. Damit finden auch Hindhedes[5]) Beobachtungen über die weitgehende Ausnützbarkeit des Eiweißes der Kleie im menschlichen Verdauungstractus eine Bestätigung.

Der Nährwert eines Nahrungsstoffes ist nun aber nicht allein von dem Grade der gastroenteralen Ausnützung[6, 7, 8]) abhängig, sondern wie Sharpenak[9]) richtig hervorhebt, auch von der Verwertbarkeit der betreffenden Substanz im Stoffwechsel. Bereits erwähnt wurde, daß die Ausnützungsquote bei reinen Eiweißstoffen, selbstverständlich unter der Voraussetzung gleicher Versuchsbedingungen (physikalischer Zustand des dargereichten Eiweißes, Menge desselben u. dgl.), immer dieselbe ist, und daß Abweichungen nur bei Nahrungsmitteln, in denen das Eiweiß sich mit Begleitstoffen vergesellschaftet findet, vorhanden sind. Deshalb ist es zweck-

mäßiger, vom Eiweißnährwert eiweißhaltiger „Nahrungsmittel“ zu sprechen und dessen Abhängigkeit von den oben genannten zwei Faktoren zu prüfen.

Das Problem der unterschiedlichen biologischen Wertigkeit einzelner Eiweißstoffe in Abhängigkeit der mehr oder minder großen Vollständigkeit ihrer Aminosäurenbausteine und deren Bindung im Eiweißkomplex darf heute in dem Sinne als gelöst angesehen werden, daß die animalischen Eiweißkörper der Milch, des Fleisches, und der Eier hier an erster Stelle stehen, und daß es auch unter den pflanzlichen Eiweißstoffen Gruppen mit höherer und minderer biologischer Wertigkeit gibt, wie ja tierische Eiweißstoffe mit geringer Wertigkeit (Leim) bekannt sind.

Man kam zu dieser Erkenntnis hauptsächlich auf Grund bestimmter Experimente, in denen das Wachstumsvermögen des Organismus bei Ernährung mit verschiedenen Eiweißstoffen geprüft wurde. Insbesondere ließ sich dadurch eine bessere Differenzierung pflanzlicher Eiweiße vornehmen, als es die chemische Analyse gestattete. Hindhede[5]) sowie nach ihm Mendel und Jones[10]) erkannten auf diese Weise das Eiweiß im Kern des Weizenkornes als biologisch höchst minderwertig und das der Kleie als relativ hochwertig, bei dessen Verfütterung sie Ratten ebenso gut wachsen sahen, wie bei der Ernährung mit Fleisch, Eiern oder Milch.

Die Befähigung eines Eiweißkörpers, das Wachstum eines Organismus zu unterhalten, bedeutet gewiß auch im Sinne von Sharpenak das Zeugnis für eine gute Verwertbarkeit im Stoffwechsel. Aber trotzdem erschien es wünschenswert, auch noch nach anderen Kriterien zu suchen und auf anderen Wegen eine Differenzierung der verschiedenen Eiweißstoffe hinsichtlich ihres Nährwertes zu erreichen.

Da durch die systematischen Untersuchungen aus dem Bikkelschen Laboratorium gezeigt worden war, daß die Lage der Harnquotienten C : N, Vacat — O : N und Vacat — O : C Rückschlüsse auf die allgemeine Oxydationslage des Körpers gestattet, lag der Gedanke an eine vergleichende Studie über die Stoffwechselwirkung verschiedener Eiweißstoffe nahe, zumal mit Hilfe dieser Methode nicht selten Änderungen von einer Feinheit im Stoffwechsel nachgewiesen werden können, wie sie selbst bei der Untersuchung des Lungengaswechsels nicht zutage treten. Die Ausführung analoger Versuche wurde bei ein und derselben Gruppe von Tieren, indem in aufeinander folgenden Perioden die Ernährung mit verschiedenen eiweißhaltigen Nahrungsmitteln erfolgte, unter Bestimmung der jeweiligen Lage des Harnquotienten vorgenommen. Dabei ließ sich auch gleichzeitig die Größe der Eiweißresorption im Verdauungskanal sowie die N-Bilanz ermitteln.

Die Experimente wurden an 10 männlichen weißen Ratten und zwar in zwei Gruppen von je fünf Tieren mit einem durchschnittlichen Körpergewicht von ca. 190 g pro Tier angestellt.

Die tägliche Nahrungsration war so bemessen, daß sie im Verlauf von 24 Stunden restlos von den Tieren verzehrt wurde, also nur knapp ausreichend. Im Verlauf des im ganzen 8 Wochen dauernden Versuches trat daher ein gewisser Körpergewichtsverlust auf, der im Hinblick auf die zu prüfende Frage aber zur Trübung des Versuchsergebnisses als zu gering bezeichnet werden muß. Der Körpergewichtsverlust betrug bei der ersten Gruppe pro Tier durchschnittlich in 8 Wochen 19 g., bei der zweiten Gruppe pro Tier 23 g., wobei in beiden Fällen das Ausgangsgewicht, wie bereits erwähnt, bei 190 g lag.

Die Eiweißspender waren in nachstehender Ordnung folgende Nahrungsmittel: 1.) Gelbe Erbsen, 2.) Eiereiweiß, 3.) Linsen, 4.) Kasein, 5.) weiße Bohnen und 6.) Fleisch.

Alle Nahrungsmittel wurden in fein pulverisiertem Zustand gegeben. Nach den hierzu vorgenommenen N-Analysen entsprachen hinsichtlich des N-Gehaltes von 1,0 g Kaseinpulver: 3,3 g Erbsenmehl, 3,0 g Linsenmehl, 3,7 g Bohnenmehl, 1,1 g trockenem Eiereiweißpulver, 1,3 g trockenem Fleischpulver. Um für den Fett- und Kohlehydratgehalt der Nahrung annähernd gleiche Verhältnisse zu schaffen, wurde als Standardnahrung eine solche gewählt, bei der 1,0 g Kasein an Fett 1,5 g (Schweineschmalz) und an Kohlehydrat 1,5 g (Rübenzucker) pro Tier und Tag zugelegt wurden. Unter Berücksichtigung des Fett- und Kohlehydratgehaltes der übrigen eiweißhaltigen Nahrungsmittel wurden nach Maßgabe der Schall-Heislerschen Tabellen diesen folgende Schweineschmalz- und Zuckermengen zugesetzt:

3,3 g Erbsenmehl:	1,5 g Schweineschmalz. 1,0 g Zucker. 0,5 ccm Citronensaft.
3,0 g Linsenmehl:	1,5 g Schweineschmalz. 1,0 g Zucker. 0,5 ccm Citronensaft.
3,7 g Bohnenmehl:	1,5 g Schweineschmalz. 1,0 g Zucker. 0,5 ccm Citronensaft.
1,1 g Eiereiweißpulver:	1,5 g Schweineschmalz. 1,4 g Zucker. 0,5 ccm Citronensaft.

1,3 g Fleischpulver: 0,8 g Schweineschmalz.
1,3 g Zucker.
0,5 ccm Citronensaft.

Die Standardkost war: 1,0 g Kasein, 1,5 g Schweineschmalz, 1,5 g Zucker, 0,5 ccm Citronensaft.

Die für 5 Tiere bestimmte gleiche Nahrungsration (5 mal die hier genannten Nahrungsmengen) wurde mit Wasser zu einem Brei gekocht, der durchschnittlich etwa 240 g wog. Nach Erkalten wurde dem Brei die erforderliche Citronensaftmenge von 2,5 ccm zugefügt. Wie schon gesagt, fraßen die Tiere ausnahmslos die vorgesetzte Breimenge quantitativ innerhalb von 24 Stunden auf.

Harn und Kot wurden von je 5, in einem Stoffwechselkäfig vereinigten Tieren, täglich getrennt quantitativ gesammelt. Mit dem Harn wurden täglich, mit dem Kot periodenweise die erforderlichen Analysen angestellt. Es wurden Harn- und Trockenkotmenge bestimmt, ferner Harn-N und Kot-N nach der Kjeldahlschen Halbmikromethode, C nach Nicloux-Osuka[15]), Vacat-O nach Müller-Kanitz[16]).

Das Wesentliche der Methode zur Bestimmung des Kohlenstoffs in biologischen Flüssigkeiten sei hier kurz erwähnt. Ein Gemisch von Kaliumbichromat, konz. Schwefelsäure und Silberbichromat bewirkt die nasse Oxydation der organischen Substanz in biologischen Flüssigkeiten, nachdem das Wasser von wasserfreiem Natriumsulfat aufgenommen ist. Unter vermindertem Druck absorbiert vorgelegte 2 n Kalilauge in einer Birne die anfallende Kohlensäure. Durch doppelte Umsetzung wird Kaliumkarbonat verwandelt, das sich mittels Zentrifuge von der Lauge gut abtrennen läßt. Nach zweimaliger Waschung wird das Bariumkarbonat in einer genau abgemessenen Menge n/10 Salzsäure gelöst. Die zur Lösung des Bariumkarbonates nicht verbrauchte Salzsäure ermittelt man durch Titration mit n/10 Lauge aus einer Mikrobürette. Ich benutzte für meine Bestimmungen n/10 Lauge und Säure, wobei hinreichend genaue Werte erzielt wurden. Da es bei zahlreichen Analysen zu unbequem ist, eine Salzsäurelösung nach der Art von Pregl darzustellen, wurden zu der Säurelösung jeder Bestimmung 2—3 Tropfen gesättigte, alkoholische Indikatorlösung (Methylrot) hinzugesetzt, ohne den Titer der Salzsäure merkbar zu beeinflussen. Durch den Kohlendioxydgehalt des Arbeitsraumes und durch den der Reagenzien wird ein Korrektionsfaktor von 0,15 ccm n/10 Säure nötig.

Die Vacat-O-Bestimmung, d. h. die Bestimmung der Menge Sauerstoff, die zur vollständigen Oxydation der im Harn ausgeschiedenen Substanzen erforderlich ist, erfolgte nach der von

Kanitz[16]) beschriebenen Abänderung der Müllerschen Methode.

Es handelt sich hierbei um eine Halbmikromethode. An Reagenzien waren erforderlich: Reine konzentrierte Schwefelsäure spez. Gewicht 1,48, n/10 Thiosulfatlösung, reines Kaliumjodat, n/10 Silbernitratlösung, 20%ige Kaliumchromatlösung, 1%ige Stärkelösung und reines Jodkalium. Für die Oxydation des Harns wurden 1 ccm Harn und 5 ccm eines Kaliumjodat-Schwefelsäuregemisches in einen Rundkolben von 100 ccm mit eingeschliffenem Rückflußkühler nach Zugabe einer Glasperle 30 Minuten gekocht. Das Kaliumjodat-Schwefelsäuregemisch wurde durch Mischen von 3 g reinem Kaliumjodat mit 20 ccm Wasser in einem Meßkolben von 100 ccm Inhalt hergestellt. Diese Lösung wird mit konzentrierter Schwefelsäure bis zu 100 ccm aufgefüllt. Zur Bestimmung des Jodatgehaltes werden nach dem Erkalten 5 ccm entnommen, mit destilliertem Wasser verdünnt, mit festem Jodkalium bis zu einer klaren rot-braunen Lösung versetzt und das in Lösung befindliche Jod titriert. Zur Analyse wird 1 ccm Harn mit 5 ccm des hergestellten und titrierten Gemisches versetzt und zwecks vollständiger Oxydation 30 Minuten gekocht. Nach dem Abkühlen wird mit dem doppelten Volumen Wasser verdünnt und zur Vertreibung des gelösten Jods noch bis zum Farbloswerden gekocht. Nun wird gut abgekühlt und nach Zugabe einiger Jodkalium-Kristalle das unverbrauchte Kaliumjodat zurücktitriert. Aus dem Jodverbrauch wird der zur Oxydation verbrauchte Sauerstoff berechnet. Nachdem nun noch der Chlorgehalt des Harns nach Mohr bestimmt ist, kann man den Vacatsauerstoff des Harns errechnen.

Jede Periode dauert 5 Tage. Vor Beginn der ersten Periode hatten die Tiere bereits das Futter der ersten Periode mehrere Tage erhalten, damit ihr Körper sich auf ein gleichmäßiges Diätregime einstellte. Zwischen zwei Perioden lag immer ein Zwischenraum von 2 Tagen, an denen die Tiere zur Gewöhnung auf die neue Fütterungsart mit dem Futter der kommenden Periode vorgefüttert wurden, bevor mit den Analysen begonnen wurde. Nur zwischen der Kasein- und Bohnenmehlperiode lagen aus äußeren Gründen 10 Tage, an denen die Tiere mit dem Futter der nachfolgenden Bohnenmehlperiode vorgefüttert worden waren.

Das Ergebnis war folgendes:

1.) N-Bilanz bei 5 Tieren in 5 Tagen.

Erbsenperiode: Gruppe I: + 1,4563 g
„ II: + 1,4899 g

Eiereiweißperiode: Gruppe I: + 0,3384 g
„ II: + 0,4366 g

Linsenperiode: Gruppe I: + 0,4256 g
„ II: + 0,0530 g

Kaseinperiode: Gruppe I: + 0,2072 g
„ II: — 0,3334 g

Bohnenperiode: Gruppe I: + 1,2103 g
„ II: + 1,4266 g

Fleischperiode: Gruppe I: + 0,1412 g
„ II: — 0,5713 g

2.) N-Resorption bei 5 Tieren in 5 Tagen.

Erbsenperiode: Gruppe I: + 3,1120 g
„ II: + 3,1097 g

Eiereiweißperiode: Gruppe I: + 3,0577 g
„ II: + 3,1130 g

Linsenperiode: Gruppe I: + 2,8633 g
„ II: + 2,8621 g

Kaseinperiode: Gruppe I: + 3,1364 g
„ II: + 3,1227 g

Bohnenperiode: Gruppe I: + 2,8583 g
„ II: + 2,9491 g

Fleischperiode: Gruppe I: + 3,0474 g
„ II: + 3,0797 g

Trockenkotmenge, Kot-N und Kot-C in 5 Tagen bei 5 Tieren.

Gruppe I.	Menge i. g.	N i. g.	C i.g.	Vacat - O i. g.
Erbsenperiode:	6,8965	0,2255	2,4370	6,7585
Eiereiweißperiode	4,2615	0,2798	2,2142	6,7320
Linsenperiode:	7,2000	0,4742	3,1795	11,4400
Kaseinperiode:	2,7565	0,2011	1,1742	4,6640
Bohnenperiode	8,1065	0,4792	3,4047	9,5740
Fleischperiode:	2,8115	0,2901	1,1673	3,6950

Gruppe II.

Erbsenperiode:	6,9307	0,2278	2,6530	6,8610
Eiereiweißperiode	3,5372	0,2245	1,6214	5,8360
Linsenperiode:	7,8662	0,4754	3,5681	12,1640
Kaseinperiode:	3,0852	0,2148	1,2143	5,9280
Bohnenperiode:	6,4902	0,3884	2,3598	7,7880
Fleischperiode:	2,3402	0,2578	1,0236	2,8190

Mittelwerte der Harnquotienten in den einzelnen 5tägigen Perioden bei 5 Tieren.

Gruppe I.	C : N.	Vacat - O : N.
Erbsenperiode:	0,853	1,052
Eiereiweißperiode:	0,786	0,881
Linsenperiode:	0,897	1,034
Kaseinperiode:	0,707	0,795
Bohnenperiode:	1,145	1,353
Fleischperiode:	0,819	0,984
Gruppe II.		
Erbsenperiode:	1,075	1,436
Eiereiweißperiode:	0,840	0,948
Linsenperiode:	0,895	1,152
Kaseinperiode:	0,765	0,924
Bohnenperiode:	1,214	1,608
Fleischperiode:	0,778	0,871.

Aus diesen Tabellen, die die Durchschnittswerte von 5 Tieren in 5tägigen Versuchsperioden enthalten — die Quotientenberechnung erfolgte durch Division der Analysenwerte der jeweiligen Versuchsperiode — geht hervor:

1.) In den Perioden mit vegetabilischer Eiweißernährung ist die Trockenkotmenge in allen Fällen wesentlich größer, als in den Versuchsreihen mit animalischem Eiweiß.

2.) Für den Kohlenstoffgehalt und ganz besonders für den Vacat - O des Kotes werden ähnliche Verhältnisse festgestellt. Nur bei den mit Erbsenmehl durchgeführten Versuchen werden gegenüber der Linsen- und Bohnenperiode auffallend niedrige Werte für den Kohlenstoffgehalt und den Vacat - O des Kotes gefunden.

3.) Auch der N-Gehalt des Kotes ist in der Linsen- und Bohnenperiode wesentlich und in der Erbsenperiode nur unwesentlich höher, als der Kotstickstoff bei animalischer Eiweißernährung, und diese Sonderstellung des Erbseneiweißes wird noch deutlicher, wenn man

nach Heupke die Abhängigkeit des faecalen Sekretstickstoffes vom Stuhlvolumen berücksichtigt. Der Unterschied verringert sich dann weiter, sodaß der Kot - N - Gehalt der Erbsenperiode durchaus in die Linie der animalischen Eiweißperioden rückt. Offenbar wird also das Eiweiß des Erbsenmehls besser resorbiert, als das des Linsen- und Bohnenmehls.

4.) Die N - Resorption ist trotz des größeren Stuhlvolumens in der Erbsenperiode ebenso groß, wie in den Perioden mit Fleisch-, Kasein oder Eiereiweiß und deutlich höher, als in den Linsen- und Bohnenperioden.

5.) Die N - Bilanz ist bei Nichtberücksichtigung des Sekretstickstoffes im Kote in den meisten Fällen leicht positiv und ausnahmsweise nur ganz leicht negativ. Dabei ist auffallend, daß bei beiden Tiergruppen der höchste positive Wert der N - Bilanz in die Periode der Erbsenernährung fällt, und daß dieser Wert in den anderen Versuchsperioden von keiner Tiergruppe wieder erreicht wird.

Es ergibt sich demnach aus diesen Versuchen, daß mit geeigneter vegetabilischer Eiweißnahrung, wenigstens eine gewisse Zeit hindurch, ebenso gut wie mit animalischer, N-Gleichgewicht zu erzielen ist.

6.) Die Quotientenlage (C : N und Vacat - O : N) ist im allgemeinen bei der vegetabilischen Nahrung höher, als bei animalischer, und dies tritt am Kohlenstoffquotienten ebenso deutlich hervor, wie am Oxydationsquotienten.

7.) Die Bewegung der beiden Quotienten (C : N und Vacat - O : N) geht im großen und ganzen bei den Schwankungen der einzelnen Perioden untereinander innerhalb einer Gruppe parallel.

8.) Das fast maschinenmäßig gleichartige Arbeiten der Magen-Darm-Verdauung bei beiden Tiergruppen offenbart sich in frappanter Weise, wenn man die Werte für die N-Resorption bei Nichtberücksichtigung des Sekretstickstoffes (Tabelle 2) auf die erste Dezimalstelle abrundet und jede Versuchsperiode bei beiden Tiergruppen vergleicht: Es findet sich dann eine völlige Übereinstimmung der Werte in sämtlichen Perioden einschließlich der ersten Dezimalstelle.

Die Versuche haben also gezeigt, daß die Stickstoffverluste durch den Kot bei Ernährung mit vegetabilischen Eiweißstoffen (Erbsen-, Linsen- und Bohnenmehl) etwas größer sind, als bei Verabfolgung animalischer Eiweißkost (Eiereiweiß-, Kasein- und Fleischpulver), daß ferner das Erbseneiweiß unter den genannten vegetabilischen Mehlen den Pulvern der von uns verwandten animalischen Nahrungsmittel am nächsten steht, daß jedoch alle diese Unterschiede bei Berücksichtigung des Sekretstickstoffes sich wesentlich verringern. Außerdem ließ auch die Menge der mangelhaft oxydierten Substanz im Kot Unterschiede erkennen, die bei Bohnen- und Lin-

senmehl besonders groß, geringer bei Erbsenmehl und am geringsten bei Eiereiweiß-, Kasein- und Fleischpulver waren. Diese animalischen Nahrungsmittel werden demnach in jeder Hinsicht bei der Verdauung am vollständigsten ausgenützt.

Wenn auch das Verhalten der N-Bilanz zwischen animalischer und vegetabilischer Eiweißnahrung und bei den verschiedenen Formen der letzteren in unseren Versuchen keine wesentlichen Unterschiede erkennen läßt, so besteht doch eine bemerkenswerte Ungleichheit darin, in welche allgemeine Oxydationslage der Körper durch die Ernährung mit den verschiedenen Arten eiweißhaltiger Nahrungsmittel gebracht wird. In dieser Hinsicht lehrt die Betrachtung der Harnquotienten folgendes: Bei der Ernährung mit den vegetabilischen Mehlen ist, summarisch betrachtet, die Durchoxydierung des Materials im Stoffwechsel, entsprechend der höheren Lage dieser Quotienten, in qualitativer Hinsicht eine unvollständigere, als bei der Ernährung mit eiweißhaltigen Pulvern tierischen Ursprungs. Der Unterschied ist nicht groß, aber er ist deutlich. Auch wenn man sich dabei eines Werturteils enthält, muß doch gesagt werden, daß ein Unterschied im intermediären Gesamtumsatz besteht, je nachdem ob der eiweißhaltige Bestandteil der Nahrung hochwertiges, animalisches oder minder- bzw. mittelwertiges vegetabilisches Eiweiß ist. Von den untersuchten eiweißhaltigen vegetabilischen Nahrungsmitteln verhält sich auch dabei das Eiweiß der Erbse dem tierischen am ähnlichsten.

Käfig I.

Harn-Analysen.

Versuchstag Nr.	Körpergewicht g.	Harnmenge ccm.	Harn-C mg.	Harn-Vacat-O mg.	Harn-N mg.	C|N.	O|N.	O|C.
			Erbsenmehl-Periode. Dauer: 5 Tage.					
1	940	105	243,6	268,8	299,3	0,814	0,898	1,103
2	945	110	280,5	332,2	346,5	0,809	0,958	1,184
3	944	120	336,0	434,4	396,0	0,848	1,122	1,293
4	913	100	267,0	322,0	285,0	0,936	1,123	1,205
5	909	110	286,0	385,0	328,9	0,869	1,170	1,346
			Eiereiweiß-Periode. Dauer: 5 Tage.					
1	900	115	289,8	448,5	339,3	0,854	1,321	1,547
2	899	155	330,1	449,5	387,5	1,851	1,160	1,361
3	888	150	456,0	495,0	612,0	0,745	0,808	1,085
4	886	125	462,5	517,5	612,5	0,755	0,844	1,119
5	867	160	600,0	485,6	768,0	0,781	0,632	0,893
			Linsenmehl-Periode. Dauer: 5 Tage.					
1	869	155	418,5	469,6	545,6	0,767	0,860	1,120
2	865	126	298,8	394,8	380,4	0,785	1,038	1,321
3	858	140	436,8	544,6	480,2	0,909	1,134	1,017
4	868	115	561,2	501,4	516,3	1,086	0,971	0,983
5	876	140	471,8	610,4	515,2	0,915	1,184	0,893
			Casein-Periode. Dauer: 5 Tage.					
1	838	130	332,0	367,9	499,2	0,665	0,736	1,108
2	857	220	426,0	431,2	517,0	0,824	0,834	1,012
3	857	140	464,8	554,4	742,0	0,626	0,747	1,192
4	834	115	532,4	484,1	692,3	0,769	0,699	0,909
5	828	125	321,2	493,7	478,7	0,670	1,031	1,536
			Bohnenmehl-Periode. Dauer: 5 Tage. *)					
1	860	130	312,0	375,7	306,8	1,017	1,223	1,202
2	855	145	308,8	381,9	290,0	1,065	1,312	1,233
3	846	120	332,4	410,4	303,6	1,097	1,354	1,234
4	851	175	540,7	575,7	411,2	1,316	1,401	1,065
5	853	145	394,4	487,2	336,4	1,171	1,448	1,235
			Fleisch-Periode. Dauer: 5 Tage.					
1	836	90	472,5	541,8	598,5	0,789	0,905	1,146
2	835	50	534,5	601,0	613,0	0,871	0,980	1,124
3	835	55	477,9	609,9	619,8	0,771	0,984	1,276
4	839	70	448,0	519,4	543,9	0,823	0,954	1,159
5	844	75	448,5	588,4	531,0	0,845	1,108	1,311

*) Zwischen der Casein- und Bohnenmehl-Periode liegen 10 Tage, an denen die Tiere bereits das Futter der Bohnenmehl-Periode erhalten hatten; in der Bohnenmehl-Periode ist deshalb die Harnquotientlage bereits vom ersten Tage an hoch.

Käfig II.

Harn-Analysen.

Versuchstag Nr.	Körpergewicht g.	Harnmenge ccm.	Harn-C mg.	Harn-Vacat-O mg.	Harn-N mg.	C|N.	O|N.	O|C.
			Erbsenmehl-Periode. Dauer: 5 Tage.					
1	922	118	302,0	389,4	349,3	0,864	1,114	1,289
2	922	110	391,6	545,6	334,4	1,171	1,631	1,393
3	904	120	343,2	451,2	344,4	0,996	1,310	1,314
4	905	120	366,0	468,0	324,0	1,129	1,444	1,278
5	892	138	339,5	473,3	267,7	1,290	1,768	1,393
			Eier-Eiweiß-Periode. Dauer: 5 Tage.					
1	885	128	288,0	448,0	243,2	1,184	1,842	1,555
2	878	156	477,3	469,5	458,6	1,040	1,023	0,983
3	869	144	479,5	462,2	619,2	0,774	0,746	0,964
4	861	156	514,8	553,8	678,6	0,758	0,816	1,075
5	867	144	489,6	606,2	676,8	0,733	0,895	1,238
			Linsenmehl-Periode. Dauer: 5 Tage.					
1	879	146	458,4	607,3	567,9	0,807	1,069	1,324
2	876	148	461,7	575,7	560,9	0,823	1,026	1,246
3	873	128	601,9	634,8	588,8	1,022	1,078	1,054
4	868	146	527,0	684,7	613,2	0,859	1,116	1,298
5	876	134	464,9	734,3	478,3	0,992	1,535	1,579
			Casein-Periode. Dauer: 5 Tage.					
1	844	144	408,3	502,5	544,3	0,750	0,923	1,206
2	852	190	636,5	727,7	805,6	0,790	0,903	1,143
3	855	134	609,7	718,2	862,9	0,706	0,832	1,178
4	824	120	495,6	736,8	624,0	0,794	1,180	1,486
5	822	112	495,0	510,7	619,3	0,799	0,824	1,031
			Bohnenmehl-Periode. Dauer: 5 Tage *).					
1	845	108	276,5	390,9	264,6	1,044	1,476	1,412
2	837	125	315,0	420,0	202,5	1,554	2,074	1,332
3	822	118	385,8	519,2	352,8	1,092	1,471	1,347
4	831	170	506,6	673,2	411,4	1,231	1,635	1,328
5	828	104	365,0	446,1	291,2	1,253	1,532	1,222
			Fleisch-Periode. Dauer: 5 Tage.					
1	811	84	642,6	673,6	730,8	0,879	0,921	1,048
2	814	66	457,3	491,0	627,0	0,729	0,783	1,073
3	786	100	699,0	762,0	931,0	0,750	0,818	1,091
4	790	86	570,1	684,5	756,8	0,753	0,904	1,200
5	808	88	472,5	571,1	605,4	0,780	0,943	1,208

*) Zwischen der Casein- und Bohnenmehl-Periode liegen 10 Tage, an denen die Tiere bereits das Futter der Bohnenmehl-Periode erhalten hatten; in der Bohnenmehl-Periode ist deshalb die Harnquotientlage bereits vom ersten Tage an hoch.

Zusammenfassung.

Im Sinne von Sharpenak[9]) bestehen sicher Unterschiede im Nährwert der pflanzlichen und tierischen eiweißhaltigen Nahrungsmittel. Sie beruhen einerseits auf der wechselnden Ausnützung im Verdauungskanal und andererseits auf der mehr oder weniger vollständigen Verwertung im Stoffwechsel. Die Unterschiede in der biologischen Wertigkeit lassen sich nicht nur durch die Fähigkeit, den Wachstumsprozeß zu unterhalten, sondern auch in den hier mitgeteilten Stoffwechselversuchen nachweisen, und bei beiden Methoden hat sich als das Entscheidende für die Stoffwechselbeeinflussung der besondere Aminosäurenaufbau im Eiweißmolekül erwiesen.

Obwohl nun das Erbseneiweiß von den untersuchten vegetabilischen eiweißhaltigen Nahrungsstoffen den animalischen im biologischen Verhalten am nächsten stehend gefunden wurde, genügt es nach Mc. Collum, N. Simonds etc. u. B. Sure[11]) auf Grund seiner Aminosäurenbausteine noch nicht, das Wachstum junger Ratten zu unterhalten, doch ist es ausreichend, um Ratten in normalem Zustand zu erhalten (A. J. Finks, D. B. Jones u. C. O. Johns[12])). Nach den neuesten Analysen von Sharpenak, Balaschowa, Solovieva und Koritzka[13]) muß aber das Erbseneiweiß auf Grund der es zusammensetzenden Aminosäuren zu den biologisch mittelwertigen Eiweißen gerechnet werden, wobei nur zu berücksichtigen ist, daß sein Gehalt an Tryptophan und Cystin quantitativ hinter dem der vollwertigen tierischen Eiweiße etwas zurückbleibt. Deshalb wirkt sich bei gleichzeitiger Avitaminose die Ernährung mit Erbseneiweiß auch etwas ungünstiger aus, als bei Ernährung mit Casein (A. Bickel[14])).

Aus den hier mitgeteilten Untersuchungsergebnissen geht jedenfalls eindeutig die Sonderstellung des Erbseneiweißes unter den übrigen vegetabilischen Eiweißstoffen hervor, die ohne Zweifel auf die annähernd vollwertige Aminosäurenkomposition zurückzuführen ist. Im Eiweißmolekül der Linsen und Bohnen muß dagegen ein Fehlen oder ungenügendes Vorkommen bestimmter Aminosäuren — wahrscheinlich handelt es sich dabei um Cystin und Tryptophan — angenommen werden.

Literatur.

1.) Abderhalden, Lehrbuch der physiologischen Chemie. 1931. S. 273.

2.) Osborne u. Campbell, Journ. of. the Ameri. Chem. Soc. 18, 583. 609 (1896); 19, 494, 500; 19, 509, 513 (1897); 20, 348, 375, 393, 428 (1898).

3.) Schall-Heisler, Nahrungsmittel-Tabellen. 7. Aufl. (1925).

4.) Heupke, Stickstoffausnützung und Stickstoffbilanz der Nahrungsmittel i. Darm. Verhandl. d. deut. Gesellsch. f. innere Medizin. S. 420. 1933.

5.) Hindhede, Die Eiweißfrage. Zeitschr. f. Volksernährung. 5. Juni 1934. Ausführliche Literatur zu diesem Gegenstand: F. Mangold, Die Verwertung der pflanzlichen Rohfaser beim Menschen und bei den Tieren. Sitzungsberichte der Gesellschaft naturforschender Freunde. 21. November 1933.

6.) Tabulae biologica III 1928. S. 258.

7.) Ergebnisse der Physiologie Bd. 33. 1931. S. 860 u. 870.

8.) Oppenheimer, Handb. d. Biochemie. I. 1924. S. 700.

9.) Sharpenak, A Note on the optimal Combinations and norms of Proteins in the Nutrition, Problems of Nutrition. Vol. I. 1934 S. 82. State Medical Editorial. Medguis. Moscou.

10.) l. c. 8.

11.) Mc. Collum, N. Simonds etc. Journ. of biol. Chem. 46. 443. 1921. Chem. Zentralblatt 1921. III.

12.) A. J. Finks, D. A. Jones, u. C. O. Johns, Journ. of biol. Chem. 52. 403. 1922.

13.) l. c. 9. Heft 2 1934. S. 88: The Amino-acidal Composit.

14.) A. Bickel, Zur Verwertung der Magermilch. Zeitsch. f. Untersuchung d. Lebensmittel. Bd. 57. S. 439. 1929.

15.) Osuka, Biochem. Zeitschr. **246.** 104. 1932.

16.) H. R. Kanitz, Biochem. Zeitschr. **249.** 234 (1932).

derselbe, Nachtrag zur Halbmikromethode der Kohlenstoffbestimmung in biol. Flüssigkeiten. Biochem. Zeitschr. **257.** 361 (1933).

Ferner:

Abderhalden, Biochemisches Handlexikon.

Oppenheimer, Handbuch der Biochemie.

Czapak, Handbuch der Pflanzenanalyse.

Lebenslauf.

Ich bin am 5. 10. 1904 in Wiesau Kreis Sprottau als Sohn des Fleischermeisters Friedrich Kasper und seiner Ehefrau Alwine geb. Behnisch geboren, besuchte zunächst die Gemeindeschule meines Heimatortes, vom 10. Lebensjahre ab das Gymnasium in Sorau N/L und von Michaelis 1916 das Gymnasium zu St. Maria Magdalena in Breslau, das ich Ostern 1921 verließ, um den Bankbeamtenberuf zu ergreifen. Am 31. März 1926 beendete ich die Tätigkeit an der Bank und begann nach Ablegung der Reifeprüfung, die ich am 1. 4. 1927 vor dem Provinzial-Schul-Kollegium in Breslau bestand, das Studium der Medizin. In den ersten beiden Semestern bezog ich die Universität Innsbruck, in den folgenden drei die Universität Rostock, an der ich am 20. August 1929 die ärztliche Vorprüfung bestand. Während der klinischen Semester studierte ich in Wien und in Berlin. Hier bestand ich am 13. Juli 1933 die medizinische Staatsprüfung. Die Ableistung des praktischen Jahres erfolgte ausschließlich am Krankenhaus Lankwitz, Berlin-Lankwitz, an dem ich nach erhaltener Approbation — 1. 8. 1934 — noch bis 31. 12. 1934 als Hilfsarzt verblieb. Seitdem bin ich als Assistenzarzt am Krankenhaus in Bütow i. Pom. tätig.

Für die Überlassung des Themas und die mir zuteilgewordene Unterstützung möchte ich an dieser Stelle Herrn Professor Dr. Bickel, für die Hilfe bei den Versuchen Herrn Dr. Kanitz danken.